

关于“考虑渗透性的水-土压力计算方法”的讨论

王洪新

(上海城建市政工程(集团)有限公司, 上海 200065)

中图分类号: TU432

文献标识码: A

文章编号: 1000-4548(2012)11-2152-02

作者简介: 王洪新(1973-), 男, 博士, 高级工程师, 主要从事基坑工程, 盾构法隧道及土力学基本理论方向的研究工作。E-mail: tjwanghongxin@163.com。

Discussion on “Methods for calculating soil-water pressure considering permeability”

WANG Hong-xin

(Shanghai Urban Construction Municipal Engineering (Group) Co., Ltd., Shanghai 200065, China)

《岩土工程学报》2012年第5期“考虑渗透性的水-土压力计算方法”一文(以下简称“原文”)提出了一种考虑渗透性的水-土压力计算方法。对此问题, 笔者已经在《岩石力学与工程学报》^[2-3]发表了两篇文章系统论述。徐日庆教授此文的计算方法与笔者在文献[2, 3]中的部分思路有些不谋而合。如果原文中的考虑土体渗透性的系数 α 与笔者理论中的 ξ 取为同一符号, 则两文中主要理论就相同了。但原文中的 α 采用渗透系数直接计算, 具体为

$$\alpha = 2 \arctan(k/k_0)^{1/2} / \pi,$$

式中, k 为土体的实际渗透系数, $k_0 = 10^{-4} \text{ cm/s}$ 。原文在系数 α 的定义、取值方式与笔者有所不同。

关于水土压力分算与合算, 国内争议由来已久。应该说这一对基坑等工程设计有较大影响的问题还没有很好地解决。希望徐教授与笔者的文章^[2-3]能够引起学术界注意。本讨论稿并非有质疑徐教授文章之意, 主要是希望能够和有共同想法的同行一起针对此问题展开进一步探讨, 同时, 也欢迎徐教授对笔者文章进行评述, 以期获得共同进步。

1 α 系数的取值

原文中的系数 α 的计算公式形式并不简单, 且来历并不明确, 可能是原文形而上学式思辨的结果。之所以在系数前面乘以 $2/\pi$, 是因为函数 $\arctan(k/k_0)^{1/2}$ 的值域上限是 $\pi/2$, 这样, 可以保证 $0 \leq \alpha < 1$ 。但原文为什么要对 k/k_0 取 $1/2$ 次幂没有说明, 如果可以这样处理, 为什么不取 $1/3$, $1/4$ 或者更小的幂次?

另外, 如果要保证完全原文中的式(4)完全变成水土合算, 渗透系数 k 要取为零, 也就是没有任何渗透性的土, 这在现实中是没有的, 也就是说原文中的式(4)永远也达不到水土合算结果; 同理, k 要取为 $+\infty$, 也就是土的渗透性要无限大, 才可能使 α 因子取值等于1, 这类土在现实中也是没有的, 也就是说式(4)永远也达不到水土分算的结果。这说明, 原

文中理论没有真正实际水土压力分算与合算理论的统一。

另外, 原文以 $k_0 = 10^{-4} \text{ cm/s}$ 的土作为水土分算与合算的分界有些过于武断。如果实际土的渗透性正好为 k_0 , 则 $\alpha = 0.5$, 这个结果没有试验证明, 其可靠性值得怀疑。

由于 α 因子选取产生的问题还不止这些。比如, 对于砂土, 不同的孔隙比对应的渗透系数差别非常大。根据工程经验, 都应采用水土分算。如果应用原文理论, 只要渗透系数不同, α 的取值就不同。同样条件下的砂土, 只要孔隙比不同, 土水压力计算模式就不同, 这是不可想象的。而且, 现场应用于基坑围护设计时显然会偏于不安全。在黏性土时也会产生一系列问题。

所以, 原文作者的理论没有实现水土压力分算与合算的真正统一。在实际工程中应用时可能存在偏于不安全的计算结果。

笔者提出的方法一方面试图采用勘察资料中能够提供的参数, 如塑限、颗粒分析及渗透系数试验等结果估算, 并且使估算方法建立在一个统一的理论基础上, 但这些方法都属于没有系统试验时的权宜之计。针对不同种类土, 还是要进行系统的试验, 得到这个系数的试验值, 并且, 可以确定在现场应用时偏于保守才可以真正应用于工程实践。在文献[2, 3]中, 笔者也设想了一些方法, 在此也想和徐教授一起分析一下这些试验方法的可行性。

2 强度指标的取值

原文中没有给出土体强度指标随 α 因子取值从总应力强度指标过渡到有效应力强度指标的方法, 而是直接以 $k_0 = 10^{-4} \text{ cm/s}$ 为分界。当 $k > k_0$ 时, 取为有效应力强度指标; 当 $k < k_0$ 时, 取为总应力强度指标。这样处理与笔者在文献[2, 3]中方法有很大的不同。在文献[2, 3]中, 涉及强度理论的改造, 使之在砂土和黏土两个极限时变为有效应力强度线和总应

力强度线,以实现算法在粉质黏土和黏质粉土时的过渡。徐教授的处理方式似乎在强度指标上没有真正实现过渡。

3 水土分算与合算两种算法统一的意义

笔者在文献[2, 3]中先后提出了统一水土分算与合算的方法,并且对统一的理论基础进行了一些思辨式的论证。在文献[3]中给出了一个思想试验(为便于理解,文中称为理想模型试验)来论证水土压力统一计算理论的合理性。其目的主要是为学术界争议较大的水土合算建立一个理论基础。同时,为黏质粉土和粉质黏土等过渡土层建立自己的算法。

为解决上述问题,文献[2, 3]还提出了广义浮力、广义浮重度等新概念,对土力学几个基本概念进行了扩充,以便形成一个逻辑上自洽的体系。这些研究都是基于这样一个事实:在上海等软土地区,基坑设计时对于黏土长期采用水土合算。这样,在进行稳定性分析时,主动区土水压力计算结果明显偏小,被动区计算结果明显偏大,抗倾覆稳定安全系数计算值明显大于采用水土分算结果。工程实践证明,象上海这样的土层变化不剧烈的地区,采用 1.0~1.2 左右围护结构插入比,基坑的稳定性基本能够满足要求,而采用水土合算,这个插入深度一般是通得过的。但如果采用水土分算计算,围护结构插入比要达到 1.5 以上,这显然与工程实践相矛盾。这说明水土合算在一定条件下是能够反映工程实际的。而在上海地区,基坑围护范围内往往存在深厚的粉土地层,由于没有对应的算法,为保证基坑安全,全部采用水土压力分算方法,这样处理明显偏于保守。所以,建立水土压力统一计算理论,对基坑设计和施工有很大的实用意义。

徐教授文章的发表也说明国内一些学者对统一水土压力

分算与合算算法存在一些共识。希望大家多做一些系统的测试工作,对于一些典型的粉土,如上海的②₃和③₂土层,通过一些建议性的方法测定 ξ 值(原文中称为 α)。只有针对不同土层,明确 ξ 值,才能使这个理论能够在基坑设计中推广应用,最终才能够得到工程界普遍认可。

参考文献:

- [1] 徐日庆, 张庆贺, 刘 鑫, 等. 考虑渗透性的水-土压力计算方法[J]. 岩土工程学报, 2012, 34(5): 961 - 964. (XU Ri-qing, ZHANG Qing-he, LIU Xin, et al. Methods for calculating soil-water pressure considering permeability[J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2012, 34(5): 961 - 964. (in Chinese))
- [2] 王洪新. 水土压力分算与合算的统一算法[J]. 岩石力学与工程学报, 2011, 30(5): 1057 - 1064. (WANG Hong-xin. Unified method of separate and combined calculation of water and earth pressures[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2011, 30(5): 1057 - 1064. (in Chinese))
- [3] 王洪新. 水土压力统一计算理论的证明及水土共同作用下的压力计算[J]. 岩石力学与工程学报, 2012, 31(2): 392 - 398. (WANG Hong-xin. Verification of unified calculation theory of water and earth pressures and calculation of pressure under interaction of water and earth[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2012, 31(2): 392 - 398. (in Chinese))

对“考虑渗透性的水-土压力计算方法”讨论的答复

徐日庆^{1, 2}, 张庆贺¹, 刘 鑫³, 廖 斌¹

(1. 浙江大学岩土工程研究所, 浙江 杭州 310058; 2. 浙江大学软弱土与环境土工教育部重点实验室, 浙江 杭州 310058;
3. 西安市第二市政工程公司, 陕西 西安 710054)

中图分类号: TU432

文献标识码: A

文章编号: 1000 - 4548(2012)11 - 2153 - 02

作者简介: 徐日庆(1962 -), 男, 浙江金华人, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事地基处理及土压力理论等方面的研究和教学工作。E-mail: xurq@zju.edu.cn。

Reply to discussion on “Methods for calculating soil-water pressure considering permeability”

XU Ri-qing^{1, 2}, ZHANG Qing-he¹, LIU Xin³, LIAO Bin¹

(1. Institute of Geotechnical Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China; 2. Key Laboratory of Soft Soils and Geoenvironmental Engineering of Ministry of Education, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China, 3. Xi'an Second municipal Engineering Company, Xi'an 710054, China)

感谢王洪新博士对“考虑渗透性的水-土压力计算方法”

的关注和讨论,现就相关问题进行回复。

水-土压力的计算是地下工程设计计算的先决条件,长期以来受到学术界和工程界的重视,也曾引起热烈的讨论^[1-5]。许多专家和学者做了卓有成效的工作^[6-8],也包括王博士的工作。

众所周知,水-土压力的合算和分算对应的是两个特殊的土质情况,在实际工程中符合这两种情况的极为罕见。因此探索在两个特殊情况之间的较符合实际情况的水土压力计算方法,便成为大家的研究目标。

1 关于 α 系数的取值

研究计算方法有两种:其一为简单实用,追求实用性;其二理论性强,追求理论完备。原文的计算方法力求实用。原文中的系数 α 的计算公式形式非常简单,之所以在系数前面乘以 $2/\pi$,是因为函数 $\arctan(k/k_0)^{1/2}$ 的值域上限是 $\pi/2$,这样,可以保证 $0 \leq \alpha < 1$ 。对 k/k_0 取1/2次幂是控制其值在一定范围,不至于太离散,也不至于太密集。

的确“如果要保证完全原文中的式(4)完全变成水土合算,渗透系数 k 要取为零,也就是没有任何渗透性的土,这在现实中没有的。”但式(4)可以达到水土合算结果,不过这个结果只是很多结果中的一个;同样,“ k 要取为 $+\infty$,也就是土的渗透性要无限大,才可能使 α 因子取值等于1,这类土在现实中也是没有的,”但式(4)可以达到水土分算的结果。这表明,原文中理论可以实现水土压力分算与合算的统一。

$k_0 = 10^{-4}$ cm/s 的土作为水土分算与合算的分界是参考卡萨格兰德(Casagrade, 1939)所建议的排水良好与排水不良的界限值。

只要渗透系数不同, α 的值就不同,但土水压力计算模式是一样的,其值是渐变的,不会跳跃的,这是可想而知的。“在现场应用于基坑围护设计时显然会产生偏于不安全的设计。在黏性土时也会产生一系列问题。”是一种误解,笔者不能苟同。

2 关于强度指标的取值

原文中没有给出土体强度指标随 α 从总应力强度指标过渡到有效应力强度指标的方法,直接以 $k_0 = 10^{-4}$ cm/s 为分界,非常简单好用。当 $k > k_0$ 时,取为有效应力强度指标;当 $k < k_0$ 时,取为总应力强度指标。这样处理与文[7]中方法有很大的不同。原文^[9]只需要一套强度指标,文[7]中需要两套强度指标。

水-土压力的统一算法,避免了分算和合算的缺陷,无疑是一种进步,更可喜的是有许多学者关注这个问题,并提出了自己的算法。考虑土的物理性质研究土的力学行为,相信会取得较好的效果。

参考文献:

[1] 魏汝龙. 总应力法计算土压力的几个问题[J]. 岩土工程学报, 1995, 17(6): 120 - 125. (WEI Ru-long. Several problems of total stress method to calculate the earth pressure[J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 1995, 17(6):

120 - 125. (in Chinese))

- [2] 杨晓军, 龚晓南. 基坑开挖中考虑水压力的土压力计算[J]. 土木工程学报, 1997, 30(4): 58 - 62. (YANG Xiao-jun, GONG Xiao-nan. Calculation of earth pressure on excavation considering pore water pressure[J]. China Civil Engineering Journal, 1997, 30(4): 58 - 62. (in Chinese))
- [3] 李广信. 基坑支护结构上水土压力的分算与合算[J]. 岩土工程学报, 2000, 22(3): 348 - 352. (LI Guang-xin. Estimating the water and earth pressures on the supporting structure around a foundation pit separately and together. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2000, 22(3): 348 - 352. (in Chinese))
- [4] 王钊, 邹维列, 李广信. 挡土结构上的土压力和水压力[J]. 岩土力学, 2003, 24(2): 146 - 150. (WANG Zhao, ZOU Wei-lie, LI Guang-xin. Earth pressure and water pressure on retaining structure[J]. Rock and Soil Mechanics, 2003, 24(2): 146 - 150. (in Chinese))
- [5] 陈愈炯, 温彦峰. 基坑支护结构上的水土压力[J]. 岩土工程学报, 1999, 21(2): 139 - 143. (CHEN Yu-jiong, WEN Yan-feng. Water and earth pressures on the supporting structure around a foundation pit. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 1999, 21(2): 139 - 143. (in Chinese))
- [6] 姚秦. 基坑工程的水土压力混合法[J]. 岩石力学与工程学报, 2001, 20(1): 134 - 135. (YAO Qin. Earth pressure calculation considering soil-water jointly on excavation[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2001, 20(1): 134 - 135. (in Chinese))
- [7] 王洪新. 水土压力分算与合算的统一算法[J]. 岩石力学与工程学报, 2011, 30(5): 1057 - 1064. (WANG Hong-xin. Unified method of separate and combined calculation of water and earth pressures[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2011, 30(5): 1057 - 1064. (in Chinese))
- [8] 王洪新. 水土压力统一计算理论的证明及水土共同作用下的压力计算[J]. 岩石力学与工程学报, 2012, 31(2): 392 - 398. (WANG Hong-xin. Verification of unified calculation theory of water and earth pressures and calculation of pressure under interaction of water and earth[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2012, 31(2): 392 - 398. (in Chinese))
- [9] 徐日庆, 张庆贺, 刘鑫, 等. 考虑渗透性的水-土压力计算方法[J]. 岩土工程学报, 2012, 34(5): 961 - 964. (XU Ri-qing, ZHANG Qing-he, LIU Xin, et al. Methods for calculating soil-water pressure considering permeability [J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2012, 34(5): 961 - 964. (in Chinese))